

5

10

Umrichterschaltung mit zwei Teilumrichtern

BESCHREIBUNG

15 Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Leistungselektronik. Sie geht aus von einer Umrichterschaltung gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

20

Stand der Technik

Heute werden in vielen Anwendungen Hochleistungsspannungsumrichterschaltungen eingesetzt. Eine solche Umrichterschaltung umfasst dazu beispielsweise zwei Teilumrichter, wobei
25 jeder Teilumrichter einen Gleichspannungskreis aufweist, der durch einen Kondensator gebildet ist. Weiterhin umfasst jeder Teilumrichter Leistungshalbleiterschalter, die üblicherweise derart verschaltet sind, dass zwei Schaltspannungsniveaus, nämlich die positive Zwischenkreisspannung und die negative Zwischenkreisspannung, an die Teilumrichterphasen des zugehörigen Teilumrichters geschaltet werden können. Jeder Teilumrichter weist üblicherweise
30 drei Teilumrichterphasen auf, wobei jeweils eine Teilumrichterphase des ersten Teilumrichters mit jeweils einer Teilumrichterphase des zweiten Teilumrichters verbunden ist. Die vorstehend genannte gängige dreiphasige Umrichterschaltung ist in Fig. 1a gezeigt. Gemäss Fig. 1a ist weiterhin ein dreiphasiger Transformator vorgesehen, wobei die Sekundärwicklungen des Transformators mit den verbundenen Teilumrichterphasen des ersten und

- 2 -

zweiten Teilumrichters verbunden sind. In der in Fig. 1a gezeigten Umrichterschaltung ist dabei jeweils ein erster Anschluss einer jeden Sekundärwicklung mit jeweils einer Verbindung zweier Teilumrichterphasen verbunden. Die jeweiligen zweiten Anschlüsse der Sekundärwicklungen sind zu einer gängigen Sternschaltung verschaltet. Die Primärwicklungen sind
5 gemäss Fig. 1a ebenfalls zu einer gängigen Sternschaltung verschaltet. Für den Betrieb der Umrichterschaltung ist in jeder Teilumrichterphase des ersten und zweiten Teilumrichters eine Induktivität vorgesehen, die zur Erzeugung einer im weitesten Sinne sinusförmigen Phasenspannung der zugehörigen Teilumrichterphase des jeweiligen Teilumrichters dient. Darüber hinaus werden die Halbleiterschalter des ersten und zweiten Teilumrichters für den Be-
10 trieb der Umrichterschaltung mit Schaltsignalen mit einer vorgegebenen Schaltfrequenz angesteuert, wobei die Schaltsignale des ersten Teilumrichters 180° phasenversetzt zu den Schaltsignalen des zweiten Teilumrichters sind. In Fig. 1b ist ein typischer zeitlicher Verlauf der Ausgangsströme der Umrichterschaltung nach Fig. 1a beispielsweise auf der Primärseite des Transformators gezeigt. Ferner ist in Fig. 1c ein Frequenzspektrum eines solchen Aus-
15 gangstromes gemäss Fig. 1b dargestellt. Weiterhin ist in Fig. 1d ein typischer zeitlicher Verlauf der Ausgangsspannungen der Umrichterschaltung nach Fig. 1a beispielsweise auf der Primärseite des Transformators gezeigt. Schliesslich zeigt Fig. 1e ein Frequenzspektrum einer solchen Ausgangsspannung gemäss Fig. 1d.

20 Weitere gängige Umrichterschaltungen sind in der US 6,233,996 B1, in der EP 0 440 988 A1 und in der EP 0 584 660 A2 offenbart.

Problematisch bei einer gängigen Umrichterschaltung gemäss Fig. 1a ist, dass schaltungs-
bedingt, d.h. dass jeweils ein Anschluss einer jeden Sekundärwicklung mit jeweils einer Ver-
25 bindung zweier Teilumrichterphasen verbunden ist, ein sehr grosser Amplitudenanteil bezüglich der Schaltfrequenz und deren ungerade Vielfache sowohl in den Ausgangsströmen nach Fig. 1b und Fig. 1c als auch in den Ausgangsspannungen nach Fig. 1d und Fig. 1e. beim Betrieb der Umrichterschaltung gemäss Fig. 1a auftritt. Diese grossen Amplitudenanteile sind beispielsweise bei Anschluss der Umrichterschaltung mittels des Transformators an ein
30 elektrisches Versorgungsnetz in höchsten Masse unerwünscht. Es ist zwar jeweils ein mit dem ersten Anschluss einer jeden Sekundärwicklung verbundener Filterkondensator vorgesehen, welcher zusammen mit der Induktivität einer jeden Phase des ersten und zweiten Teilumrichters einen Resonanzkreis bildet und eine teilweise Reduktion des Amplitudenanteils

- 3 -

bezüglich der Schaltfrequenz sowohl in den Ausgangsströmen als auch in den Ausgangsspannungen bewirken mag. Jedoch sind solche Filterkondensatoren und die Induktivitäten, um eine einigermaßen vernünftige Reduktion des Amplitudenanteils bezüglich der Schaltfrequenz in den Ausgangsströmen und in den Ausgangsspannungen zu bewirken, bezüglich ihrer Kapazitäts- bzw. Induktivitätswerte gross auszulegen, weisen somit eine grosse Bau-
grösse und ein grosses Gewicht auf, benötigen dadurch entsprechend viel Platz und sind damit insgesamt sehr teuer. Desweiteren verkompliziert sich der Aufbau der Umrichterschaltung und die allfällige Wartung der Umrichterschaltung durch solche gross ausgelegten Induktivitäten und Filterkondensatoren, wodurch zusätzliche Kosten entstehen.

Darstellung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Umrichterschaltung anzugeben, bei welcher nahezu keine Amplitudenanteile bezüglich der Schaltfrequenz der Umrichterschaltung bei deren Betrieb in den Ausgangsströmen der Umrichterschaltung und in den Ausgangsspannungen der Umrichterschaltung auftreten. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

Die erfindungsgemässe Umrichterschaltung umfasst einen ersten und einen zweiten Teilumrichter, wobei jeder Teilumrichter einen Gleichspannungskreis aufweist und jeweils eine Teilumrichterphase des ersten Teilumrichters mit jeweils einer Teilumrichterphase des zweiten Teilumrichters verbunden ist. Weiterhin umfasst die erfindungsgemässe Umrichterschaltung einen Transformator, wobei die Sekundärwicklungen des Transformators mit den verbundenen Teilumrichterphasen des ersten und zweiten Teilumrichters verbunden sind. Weiterhin ist jeweils eine Sekundärwicklung seriell in jede Verbindung einer Teilumrichterphase des ersten Teilumrichters mit einer Teilumrichterphase des zweiten Teilumrichters eingeschaltet. Erfindungsgemäss ist jede Sekundärwicklung durch zwei seriell miteinander verbundene Teilwicklungen gebildet, wobei der Verbindungspunkt der beiden Teilwicklungen einen Mittelpunktanschluss bildet. Zudem sind jeweils zwei seriell miteinander verbundene Filterkondensatoren parallel zu jeder Sekundärwicklung geschaltet. Diese jeweilige Einschaltung einer durch die Teilwicklungen gebildeten Sekundärwicklung bewirkt vorteilhaft eine starke Redu-

zierung von Amplitudenanteilen bezüglich der Schaltfrequenz der Umrichterschaltung bei deren Betrieb in Ausgangsströmen und in Ausgangsspannungen der Umrichterschaltung, so dass diese Amplitudenanteile im Vergleich zu gängigen Umrichterschaltungen nahezu nicht auftreten. Zudem können Amplitudenanteile bezüglich ungerader Vielfache der Schaltfrequenz durch die jeweilige Einschaltung einer Sekundärwicklung mit Vorteil ebenfalls stark reduziert werden, so dass auch diese Amplitudenteile weitestgehend unterdrückt sind. Ein normalerweise mit der Umrichterschaltung über den Transformator verbundenes elektrisches Versorgungsnetz wird somit vorteilhaft durch Amplitudenanteile bezüglich der Schaltfrequenz und deren ungerade Vielfache nicht nennenswert oder nur äusserst gering belastet. Zudem bildet jeweils eine der Teilwicklungen einer Sekundärwicklung zusammen mit einem der zugehörigen Filterkondensatoren einen Resonanzkreis, der vorteilhaft der weiteren Reduzierung der Amplitudenanteile bezüglich der Schaltfrequenz und deren ungerade Vielfache in Ausgangsströmen und in Ausgangsspannungen der Umrichterschaltung dient. Insgesamt kann die Verfügbarkeit der Umrichterschaltung dadurch signifikant erhöht werden.

Ferner wird eine Energiespeichereinrichtung mit einer ersten und zweiten Spannungsquelle angegeben, bei der die erfindungsgemässe Umrichterschaltung vorgesehen ist und dabei der Gleichspannungskreis des ersten Teilumrichters mit der ersten Spannungsquelle verbunden ist und der Gleichspannungskreis des zweiten Teilumrichters mit der zweiten Spannungsquelle verbunden ist. Neben den bereits bei der erfindungsgemässen Umrichterschaltung genannten Vorteilen lässt sich die Energiespeichereinrichtung durch die Verwendung der erfindungsgemässen Umrichterschaltung besonders einfach und platzsparend bezüglich ihres Aufbaus realisieren.

Desweiteren wird Antriebssystem mit einem ersten und einem zweiten Antriebsumrichter angegeben, welche mit einer rotierenden elektrischen Maschine verbunden sind und bei dem die erfindungsgemässe Umrichterschaltung vorgesehen ist. Dabei ist der Gleichspannungskreis des ersten Teilumrichters mit dem ersten Antriebsumrichter verbunden und der Gleichspannungskreis des zweiten Teilumrichters mit dem zweiten Antriebsumrichter verbunden.

Zusätzlich zu den bereits bei der erfindungsgemässen Umrichterschaltung genannten Vorteilen lässt sich auch ein solches Antriebssystem durch die Verwendung der erfindungsgemässen Umrichterschaltung besonders einfach und platzsparend bezüglich seines Aufbaus realisieren.

Darüber hinaus wird ein Umrichtersystem mit einem ersten und einem zweiten Lastumrichter zur Speisung einer elektrischen Last angegeben, bei dem die erfindungsgemässe Umrichterschaltung vorgesehen ist und dabei der Gleichspannungskreis des ersten Teilumrichters mit dem ersten Lastumrichter verbunden ist und der Gleichspannungskreis des zweiten Teilumrichters mit dem zweiten Lastumrichter verbunden ist. Neben den bereits bei der erfindungsgemässen Umrichterschaltung genannten Vorteilen lässt sich auch ein solches Umrichtersystem durch die Verwendung der erfindungsgemässen Umrichterschaltung besonders einfach und platzsparend bezüglich seines Aufbaus realisieren.

Diese und weitere Aufgaben, Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit der Zeichnung offensichtlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Es zeigen:

Fig. 1a eine gängige Ausführungsform einer Umrichterschaltung,

Fig. 1b typischer zeitlicher Verlauf der Ausgangsströme der Umrichterschaltung nach Fig. 1a an der Primärseite des Transformators,

Fig. 1c typisches Frequenzspektrum eines Ausgangsstromes nach Fig. 1b,

Fig. 1d typischer zeitlicher Verlauf der Ausgangsspannungen der Umrichterschaltung nach Fig. 1a an der Primärseite des Transformators,

Fig. 1e typisches Frequenzspektrum einer Ausgangsspannung nach Fig. 1d,

Fig. 2a eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemässen Umrichterschaltung,

Fig. 2b zeitlicher Verlauf der Ausgangsströme der Umrichterschaltung nach Fig. 2a an der Primärseite des Transformators,

Fig. 2c Frequenzspektrum eines Ausgangsstromes nach Fig. 2b,

Fig. 2d zeitlicher Verlauf der Ausgangsspannungen der Umrichterschaltung nach Fig. 2a an der Primärseite des Transformators,

Fig. 2e Frequenzspektrum einer Ausgangsspannung nach Fig. 2d,

Fig. 3 eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung,

Fig. 4 eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung,

Fig. 5 eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Energiespeichereinrichtung,

Fig. 6 eine Ausführungsform eines erfindungsgemässen Antriebssystems und

Fig. 7 eine Ausführungsform eines erfindungsgemässen Umrichtersystems.

Die in der Zeichnung verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst aufgelistet. Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die beschriebenen Ausführungsformen stehen beispielhaft für den Erfindungsgegenstand und haben keine beschränkende Wirkung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

In Fig. 2a ist eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemässen Umrichterschaltung dargestellt. Die Umrichterschaltung umfasst einen ersten und einen zweiten Teilumrichter 1, 2, wobei jeder Teilumrichter 1, 2 einen Gleichspannungskreis 3 aufweist. Gemäss Fig. 2a ist jeder Teilumrichters 1, 2 zur Schaltung von zwei Schaltspannungsniveaus, nämlich die positive Gleichspannung und die negative Gleichspannung des zugehörigen Gleichspannungs-

- 7 -

kreises 3, ausgebildet. Jeder Gleichspannungskreis 3 weist dann gemäss Fig. 2a einen Kondensator auf. Es ist aber auch denkbar, dass der jeder Teilumrichter 1, 2 allgemein zur Schaltung von n Schaltspannungsniveaus ausgebildet ist, wobei $n \geq 2$ ist und wobei der zugehörige Gleichspannungskreis 3 dann entsprechend ausgeführt ist. Gemäss Fig. 2a ist jeweils

5 eine Teilumrichterphase u_1, v_1, w_1 des ersten Teilumrichters 1 mit jeweils einer Teilumrichterphase u_2, v_2, w_2 des zweiten Teilumrichters 2 verbunden. Desweiteren ist ein Transformator 4 vorgesehen, wobei die Sekundärwicklungen 6 des Transformators 4 mit den verbundenen Teilumrichterphasen $u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2$ des ersten und zweiten Teilumrichters 1,2 verbunden sind. Gemäss Fig. 2a ist jeweils eine Sekundärwicklung 6 seriell in jede Verbindung

10 einer Teilumrichterphase u_1, v_1, w_1 des ersten Teilumrichters 1 mit einer Teilumrichterphase u_2, v_2, w_2 des zweiten Teilumrichters 2 eingeschaltet. Die Halbleiterschalter des ersten und zweiten Teilumrichters 1, 2 werden für den Betrieb der Umrichterschaltung mit Schaltsignalen mit einer vorgegebenen Schaltfrequenz angesteuert, wobei die Schaltsignale des ersten Teilumrichters 1 180° phasenversetzt zu den Schaltsignalen des zweiten Teilum-

15 richters 1 sind und die Schaltfrequenz beispielsweise 5kHz beträgt. In Fig. 2b ist dazu ein zeitlicher Verlauf der Ausgangsströme der erfindungsgemässen Umrichterschaltung nach Fig. 2a an der Primärseite des Transformators 4 gezeigt. Weiterhin ist in Fig. 2c ein Frequenzspektrum eines Ausgangsstromes nach Fig. 2b dargestellt. Ferner ist in Fig. 2d ein zeitlicher Verlauf der Ausgangsspannungen der Umrichterschaltung nach Fig. 2a an der Pri-

20 märseite des Transformators 4 dargestellt. Schliesslich zeigt Fig. 2e ein Frequenzspektrum einer Ausgangsspannung nach Fig. 2d. Die jeweilige serielle Einschaltung einer Sekundärwicklung 6 in jede Verbindung einer Teilumrichterphase u_1, v_1, w_1 des ersten Teilumrichters 1 mit einer Teilumrichterphase u_2, v_2, w_2 des zweiten Teilumrichters 2 bewirkt gemäss Fig. 2b bis Fig. 2e vorteilhaft eine starke Reduzierung von Amplitudenanteilen bezüglich der

25 Schaltfrequenz der Umrichterschaltung bei deren Betrieb in Ausgangsströmen und in Ausgangsspannungen der Umrichterschaltung. Im Vergleich zu dem eingangs erwähnten typischen zeitlichen Verlauf der Ausgangsströme nach Fig. 1b der Umrichterschaltung nach dem Stand der Technik gemäss Fig. 1a mit dem zugehörigen Frequenzspektrum gemäss Fig. 1c und dem weiterhin eingangs erwähnten typischen zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannungen nach Fig. 1d der Umrichterschaltung nach dem Stand der Technik gemäss Fig. 1a mit dem zugehörigen Frequenzspektrum gemäss Fig. 1e wird diese Reduktion von Amplituden-

30 anteilen bezüglich der Schaltfrequenz besonders deutlich sichtbar, d.h. diese Amplitudenanteile treten im Vergleich zu einer gängigen Umrichterschaltung nach Fig. 1a nahezu nicht auf.

Zudem können Amplitudenanteile bezüglich ungerader Vielfache der Schaltfrequenz durch die jeweilige Einschaltung einer Sekundärwicklung 6 mit Vorteil ebenfalls stark reduziert werden, so dass auch diese Amplitudenteile weitestgehend unterdrückt sind. Dies zeigt ebenfalls der Vergleich von Fig. 1b bis Fig. 1e mit Fig. 2b bis Fig. 2e sehr deutlich. Ein normalerweise mit der Umrichterschaltung über den Transformator 4 verbundenes elektrisches Versorgungsnetz wird somit vorteilhaft durch Amplitudenanteile bezüglich der Schaltfrequenz und deren ungerade Vielfache nicht nennenswert oder nur äusserst gering belastet.

Vorzugsweise ist bei einem der Teilumrichter 1, 2 zwischen jeder Teilumrichterphase $u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2$ und der Sekundärwicklung 6 eine Induktivität 7 seriell eingeschaltet. Gemäss Fig. 2a kann es aus Symmetriegründen aber auch vorteilhaft sein, dass bei beiden Teilumrichtern 1, 2 zwischen jeder Teilumrichterphase $u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2$ und der Sekundärwicklung 6 eine Induktivität 7 seriell eingeschaltet ist. Die jeweilige Induktivität 7 dient vorteilhaft der Erzeugung einer im weitesten Sinne sinusförmigen Phasenspannung der zugehörigen Teilumrichterphase $u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2$ des jeweiligen Teilumrichters 1, 2.

In Fig. 2a ist ferner an jeder Teilumrichterphase $u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2$ ein Phasentrennschalter 9 vorgesehen, der vorteilhaft zur Abtrennung des zugehörigen Teilumrichters 1, 2, beispielsweise im Fehlerfall des zugehörigen Teilumrichters 1, 2 oder zu dessen Wartungszwecken dient. Weiterhin ist bei der ersten Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung nach Fig. 2a ein Filterkondensator 8 parallel zu jeder Sekundärwicklung 6 geschaltet. Der jeweilige Filterkondensator 8 zusammen mit der jeweiligen Sekundärwicklung 6 und insbesondere mit der Induktivität 7 bildet einen Resonanzkreis, der vorzugsweise eine Tiefpasscharakteristik aufweist, wobei der Filterkondensator 8 bezüglich seines Kapazitätswertes vorzugsweise derart ausgelegt ist, dass der Resonanzkreis eine Eckfrequenz von im wesentlichen $2/3$ der Schaltfrequenz aufweist. Bei der bereits vorstehend beispielhaft erwähnten Schaltfrequenz von 5kHz ergäbe dies eine Eckfrequenz des Resonanzkreises im Bereich von 3kHz. Der derart realisierte Resonanzkreis dient vorteilhaft der weiteren Reduzierung der Amplitudenanteile bezüglich der Schaltfrequenz und deren ungerade Vielfache in Ausgangsströmen und in Ausgangsspannungen der Umrichterschaltung. Durch die hohe Eckfrequenz, welche näher an der Schaltfrequenz als bei dem eingangs bereits erwähnten bekannten Resonanzkreisen liegt, kann der jeweilige Filterkondensator 8 und insbesondere die jeweilige Induktivität 7 bezüglich ihrer Kapazitäts- bzw. Induktivitätswerte zudem klein im

Vergleich zu dem eingangs erwähnten Resonanzkreis ausgelegt werden. Somit reduziert sich durch diese kleine Auslegung vorteilhaft auch die Baugrösse und das Gewicht des jeweiligen Filterkondensators 8 und insbesondere der jeweiligen Induktivität 7 und es wird vorteilhaft entsprechend weniger Platz benötigt. Desweiteren vereinfacht sich der Aufbau der Umrichterschaltung und die allfällige Wartung der Umrichterschaltung durch solche klein ausgelegten Induktivitäten 7 und Filterkondensatoren 8, wodurch weiter Kosten eingespart werden können.

In Fig. 3 ist eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung dargestellt. Darin ist im Unterschied zu der Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung nach Fig. 2a jede Sekundärwicklung 6 durch zwei seriell miteinander verbundene Teilwicklungen gebildet, wobei der Verbindungspunkt der beiden Teilwicklungen einen Mittelpunktanschluss 16 bildet. Weiterhin ist in Fig. 3 ein Verbindungsschalter 10 zur Verbindung der Mittelpunktanschlüsse 16 miteinander vorgesehen. Tritt nun beispielsweise ein Fehler im ersten Teilumrichter 1 auf oder muss dieser gewartet werden, so wird jeder Phasentrennschalter 9 der jeweiligen Teilumrichterphase u_1 , v_1 , w_1 des ersten Teilumrichters 1 geöffnet, um den ersten Teilumrichter 1 abzutrennen. Weiterhin wird der Verbindungsschalter 10 geschlossen, so dass die Umrichterschaltung vorteilhaft mit dem zweiten Teilumrichter 2 auch bei abgetrenntem ersten Teilumrichter 1 weiterbetrieben werden kann. Die Verfügbarkeit der Umrichterschaltung insgesamt kann dadurch stark erhöht werden.

In Fig. 4 ist eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung gezeigt. Darin sind im Unterschied zu der Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung nach Fig. 3 jeweils zwei seriell miteinander verbundene Filterkondensatoren 8 parallel zu jeder Sekundärwicklung 6 geschaltet, wobei der Verbindungspunkt der beiden Teilwicklungen vorzugsweise mit dem Verbindungspunkt der beiden Filterkondensatoren 8 verbunden ist, d.h. dass der Verbindungspunkt der beiden Filterkondensatoren 8 mit dem Mittelpunktanschluss 16 verbunden ist. Vorteilhaft bildet jeweils eine der Teilwicklungen einer Sekundärwicklung 6 zusammen mit einem der zugehörigen Filterkondensatoren 8 und insbesondere mit der Induktivität 7 einen Resonanzkreis, der vorteilhaft der weiteren Reduzierung der Amplitudenanteile bezüglich der Schaltfrequenz und deren ungerade Vielfache in Ausgangsströmen und in Ausgangsspannungen der Umrichterschaltung dient. Durch die hohe Eckfrequenz dieses Resonanzkreises kann der jeweilige Filterkondensator 8 und insbe-

sondere die jeweilige Induktivität 7 klein im Vergleich zu dem eingangs erwähnten Resonanzkreis ausgelegt werden. Damit reduziert sich durch diese kleine Auslegung vorteilhaft auch die Baugrösse und das Gewicht des jeweiligen Filterkondensators 8 und der jeweiligen Induktivität 7 und es wird vorteilhaft entsprechend weniger Platz benötigt. Ferner vereinfacht sich der Aufbau der Umrichterschaltung und die allfällige Wartung der Umrichterschaltung durch solche klein ausgelegten Induktivitäten 7 und Filterkondensatoren 8, wodurch weiter Kosten eingespart werden können.

Ferner ist auch in der Ausführungsform gemäss Fig. 4 ein Verbindungsschalter 10 zur Verbindung der Mittelpunktanschlüsse 16 miteinander vorgesehen. Wie bei der Ausführungsform gemäss Fig. 3 kann bezüglich der Ausführungsform nach Fig. 4 im Fehlerfall oder zu Wartungszwecken beispielsweise am ersten Teilumrichter 1 dieser durch Öffnen eines jeden Phasentrennschalter 9 der jeweiligen Teilumrichterphase u_1 , v_1 , w_1 des ersten Teilumrichters 1 abgetrennt werden und die Umrichterschaltung durch Schliessen des Verbindungsschalters 10 mit dem zweiten Teilumrichter 2 weiterbetrieben werden. Dabei dient dann eine der Teilwicklungen der Sekundärwicklung 6 der bereits bei der Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung nach Fig. 2a detailliert erläuterten starken Reduzierung von Amplitudenanteilen bezüglich der Schaltfrequenz der Umrichterschaltung bei deren Betrieb in Ausgangsströmen und in Ausgangsspannungen. Bezüglich der Ausführungsform nach Fig. 4 bildet bei dem vorstehend bezüglich Fig. 3 bereits genannten Weiterbetrieb der Umrichterschaltung mit beispielsweise dem zweiten Teilumrichter 2 jeweils eine der Teilwicklungen einer Sekundärwicklung 6 und insbesondere die Induktivität 7 der zugehörigen Teilumrichterphase u_2 , v_2 , w_2 des zweiten Teilumrichters 2 zusammen mit einem der zugehörigen Filterkondensatoren 8 einen Resonanzkreis, der vorteilhaft der weiteren Reduzierung der Amplitudenanteilen bezüglich der Schaltfrequenz und deren ungerade Vielfache in Ausgangsströmen und in Ausgangsspannungen der Umrichterschaltung dient. Auch bei dieser Ausführungsform gemäss Fig. 4 kann die Verfügbarkeit der Umrichterschaltung damit insgesamt stark erhöht werden.

Es hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, die vorstehend an Hand der Ausführungsformen gemäss Fig. 2a, Fig. 3 und Fig. 4 detailliert beschriebenen erfindungsgemässe Umrichterschaltung in einer Energiespeichereinrichtung mit einer ersten und einer zweiten Spannungsquelle 11, 12 einzusetzen. In Fig. 5 ist eine Ausführungsform einer solchen erfin-

- 11 -

5 dungsgemässen Energiespeichereinrichtung dargestellt, darin ist der Gleichspannungskreis 3 des ersten Teilumrichters 1 mit der ersten Spannungsquelle 11 verbunden und der Gleichspannungskreis 3 des zweiten Teilumrichters 2 mit der zweiten Spannungsquelle 12 verbunden. Zu den bereits bei der erfindungsgemässen Umrichterschaltung genannten Vorteilen kommt hinzu, dass sich die erfindungsgemässe Energiespeichereinrichtung durch die Verwendung der erfindungsgemässen Umrichterschaltung besonders einfach und platzsparend bezüglich ihres Aufbaus realisieren lässt.

10 Ferner hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die vorstehend an Hand der Ausführungsformen gemäss Fig. 2a, Fig. 3 und Fig. 4 detailliert beschriebenen erfindungsgemässe Umrichterschaltung in einem Antriebssystem mit einem ersten und einem zweiten Antriebsumrichter 13, 14 einzusetzen. In Fig. 6 ist eine Ausführungsform eines solchen erfindungsgemässen Antriebssystems gezeigt. Darin ist der erste und zweite Antriebsumrichter 13, 14 mit einer rotierenden elektrischen Maschine 15 verbunden in der in Fig. 5 gezeigten Weise verbunden. 15 Zudem ist der Gleichspannungskreis 3 des ersten Teilumrichters 1 mit dem ersten Antriebsumrichter 13 verbunden und der Gleichspannungskreis 3 des zweiten Teilumrichters 2 mit dem zweiten Antriebsumrichter 14 verbunden. Neben den bereits bei der erfindungsgemässen Umrichterschaltung genannten Vorteilen lässt sich auch ein solches Antriebssystem durch die Verwendung der erfindungsgemässen Umrichterschaltung besonders einfach und 20 platzsparend bezüglich seines Aufbaus realisieren.

Darüber hinaus hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die vorstehend an Hand der Ausführungsformen gemäss Fig. 2a, Fig. 3 und Fig. 4 detailliert beschriebenen erfindungsgemässe Umrichterschaltung in einem Umrichtersystem mit einem ersten und einem zweiten Lastumrichter 17, 18 zur Speisung einer elektrischen Last 19 einzusetzen. In Fig. 7 ist eine Ausführungsform eines solchen erfindungsgemässen allgemeinen Umrichtersystems dargestellt. 25 Darin ist der Gleichspannungskreis 3 des ersten Teilumrichters 1 mit dem ersten Lastumrichter 17 verbunden und der Gleichspannungskreis 3 des zweiten Teilumrichters 2 mit dem zweiten Lastumrichter 18 verbunden. Gemäss Fig. 7 ist eine elektrische Last 19 mit dem ersten Lastumrichter 17 und eine weitere elektrische Last 19 mit dem zweiten Lastumrichter 18 30 verbunden. Es ist aber auch denkbar, dass der erste Lastumrichter 17 und der zweite Lastumrichter 18 mit einer einzigen gemeinsamen elektrischen Last 19 verbunden ist. Alternativ dazu ist es ebenfalls denkbar, dass jeder Lastumrichter 17, 18 jeweils mit einer Vielzahl

- 12 -

an elektrischen Lasten 19 verbunden ist, wobei dann der erste und der zweite Lastumrichter 17, 18 insbesondere über einen Teil der elektrischen Lasten 19 miteinander verbunden sind. Zusätzlich zu den bereits bei der erfindungsgemässen Umrichterschaltung genannten Vorteilen lässt sich auch ein solches Umrichtersystem durch die Verwendung der erfindungsgemässen Umrichterschaltung besonders einfach und platzsparend bezüglich seines Aufbaus realisieren.

5

Bezugszeichenliste

	1	erster Teilumrichter
	2	zweiter Teilumrichter
	3	Gleichspannungskreis
5	4	Transformator
	5	Primärwicklung
	6	Sekundärwicklung
	7	Induktivität
	8	Filterkondensator
10	9	Phasentrennschalter
	10	Verbindungsschalter
	11	erste Spannungsquelle
	12	zweite Spannungsquelle
	13	erster Antriebsumrichter
15	14	zweiter Antriebsumrichter
	15	rotierende elektrische Maschine
	16	Mittelpunktanschluss
	17	erste Lastumrichter
	18	zweiter Lastumrichter
20	19	elektrische Last

PATENTANSPRÜCHE

1. Umrichterschaltung mit einem ersten und einem zweiten Teilumrichter (1, 2), wobei jeder Teilumrichter (1, 2) einen Gleichspannungskreis (3) aufweist und jeweils eine Teilumrichterphase (u1, v1, w1) des ersten Teilumrichters (1) mit jeweils einer Teilumrichterphase (u2, v2, w2) des zweiten Teilumrichters (2) verbunden ist, und mit einem Transformator (4), wobei die Sekundärwicklungen (6) des Transformators (4) mit den verbundenen Teilumrichterphasen (u1, v1, w1, u2, v2, w2) des ersten und zweiten Teilumrichters (1, 2) verbunden sind und jeweils eine Sekundärwicklung (6) seriell in jede Verbindung einer Teilumrichterphase (u1, v1, w1) des ersten Teilumrichters (1) mit einer Teilumrichterphase (u2, v2, w2) des zweiten Teilumrichters (2) eingeschaltet ist, dadurch gekennzeichnet, dass
dass jede Sekundärwicklung (6) durch zwei seriell miteinander verbundene Teilwicklungen gebildet ist, wobei der Verbindungspunkt der beiden Teilwicklungen einen Mittelpunktanschluss (16) bildet, und
dass jeweils zwei seriell miteinander verbundene Filterkondensatoren (8) parallel zu jeder Sekundärwicklung (6) geschaltet sind.
2. Umrichterschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem der Teilumrichter (1, 2) zwischen jeder Teilumrichterphase (u1, v1, w1, u2, v2, w2) und der Sekundärwicklung (6) eine Induktivität (7) seriell eingeschaltet ist.
3. Umrichterschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei beiden Teilumrichtern (1, 2) zwischen jeder Teilumrichterphase (u1, v1, w1, u2, v2, w2) und der Sekundärwicklung (6) eine Induktivität (7) seriell eingeschaltet ist.
4. Umrichterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an jeder Teilumrichterphase (u1, v1, w1, u2, v2, w2) ein Phasentrennschalter (9) vorgesehen ist.
5. Umrichterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbindungspunkt der beiden Filterkondensatoren (8) mit dem Mittelpunktanschluss (16) verbunden ist.

- 15 -

6. Umrichterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verbindungsschalter (10) zur Verbindung der Mittelpunktanschlüsse (16) miteinander vorgesehen ist.

5

7. Energiespeichereinrichtung mit einer ersten und einer zweiten Spannungsquelle (11, 12),
dadurch gekennzeichnet, dass eine Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 vorgesehen ist und der Gleichspannungskreis (3) des ersten Teilumrichters (1) mit der ersten Spannungsquelle (11) verbunden ist und der Gleichspannungskreis (3) des zweiten Teilumrichters (2) mit der zweiten Spannungsquelle (12) verbunden ist.

10

8. Antriebssystem mit einem ersten und einem zweiten Antriebsumrichter (13, 14), welche mit einer rotierenden elektrischen Maschine (15) verbunden sind,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 vorgesehen ist und der Gleichspannungskreis (3) des ersten Teilumrichters (1) mit dem ersten Antriebsumrichter (13) verbunden ist und der Gleichspannungskreis (3) des zweiten Teilumrichters (2) mit dem zweiten Antriebsumrichter (14) verbunden ist.

15

9. Umrichtersystem mit einem ersten und einem zweiten Lastumrichter (17, 18) zur Speisung einer elektrischen Last (19),
dadurch gekennzeichnet, dass eine Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 vorgesehen ist und der Gleichspannungskreis (3) des ersten Teilumrichters (1) mit dem ersten Lastumrichter (17) verbunden ist und der Gleichspannungskreis (3) des zweiten Teilumrichters (2) mit dem zweiten Lastumrichter (18) verbunden ist.

20

25

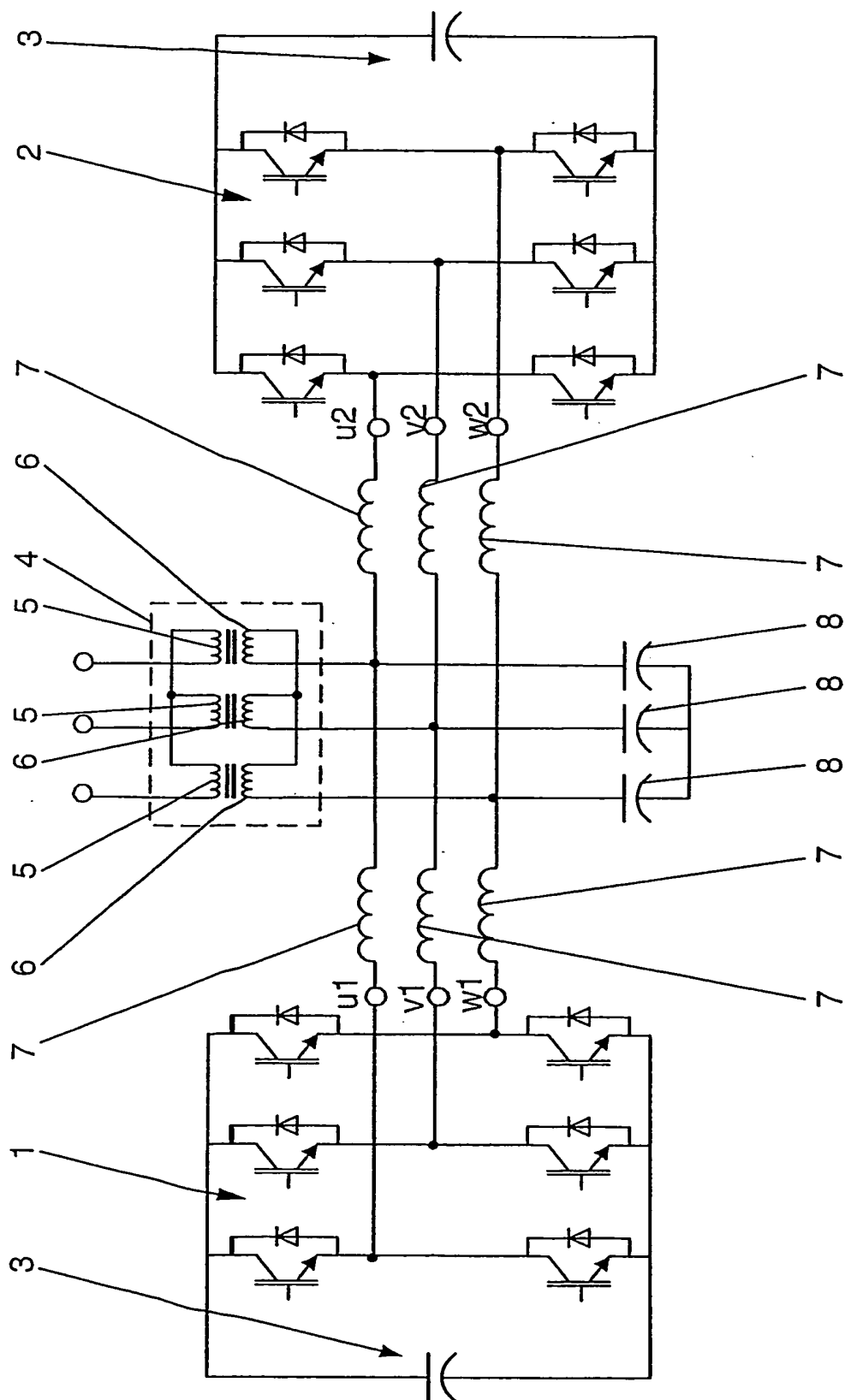


Fig. 1a

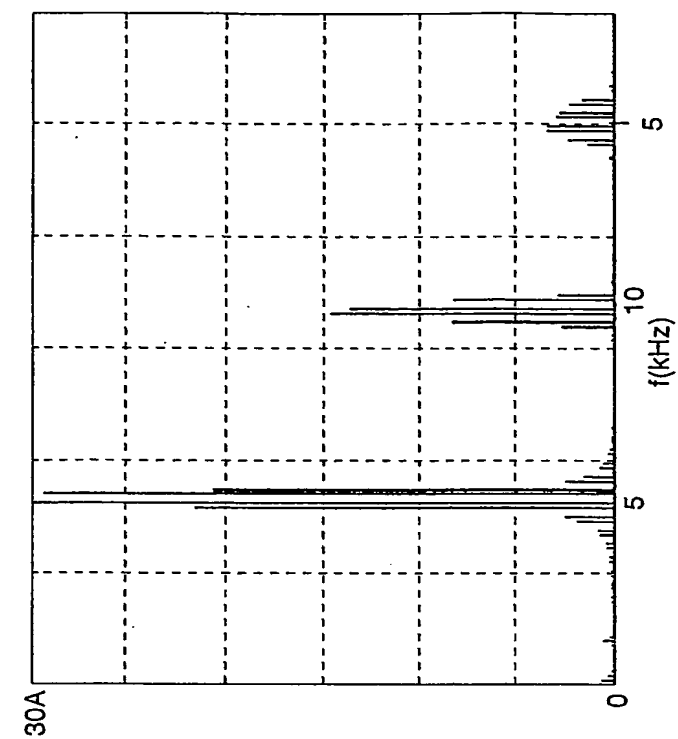


Fig. 1c

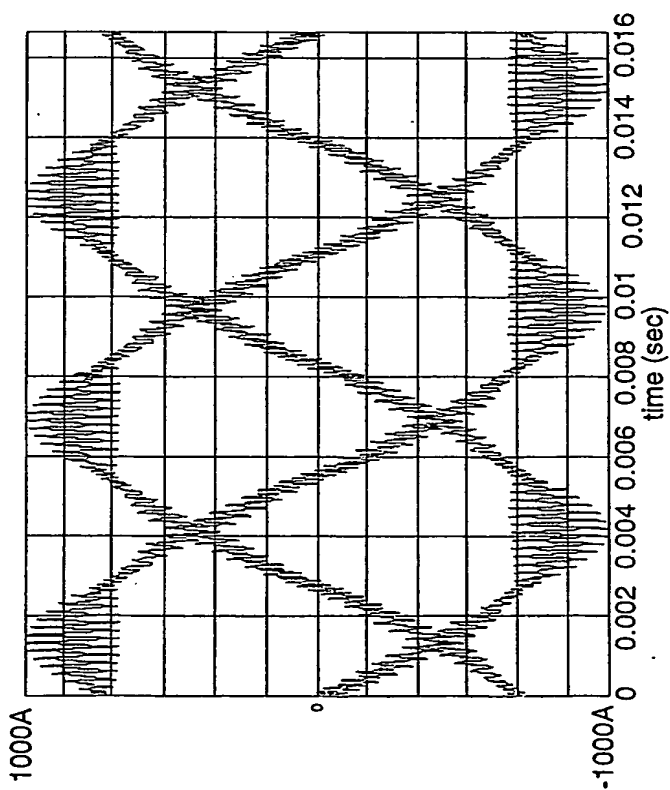


Fig. 1b

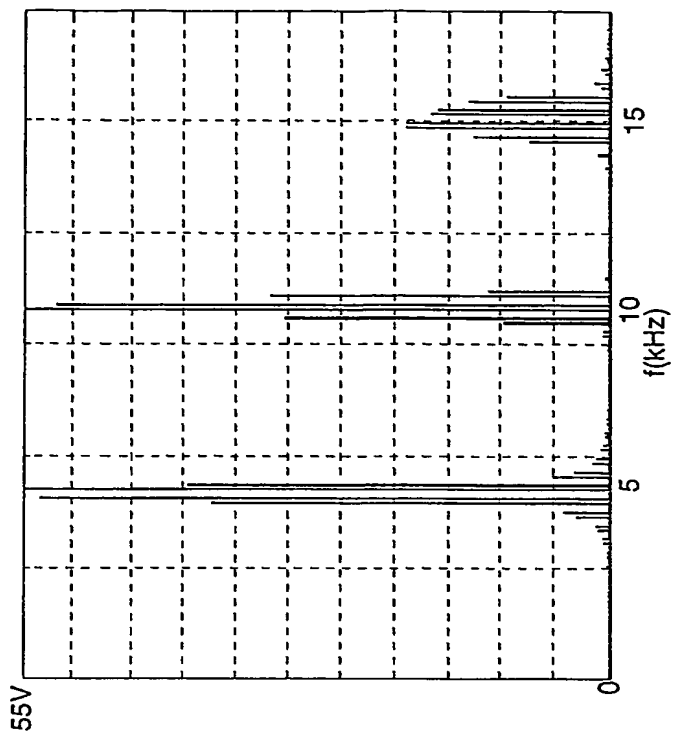


Fig. 1e

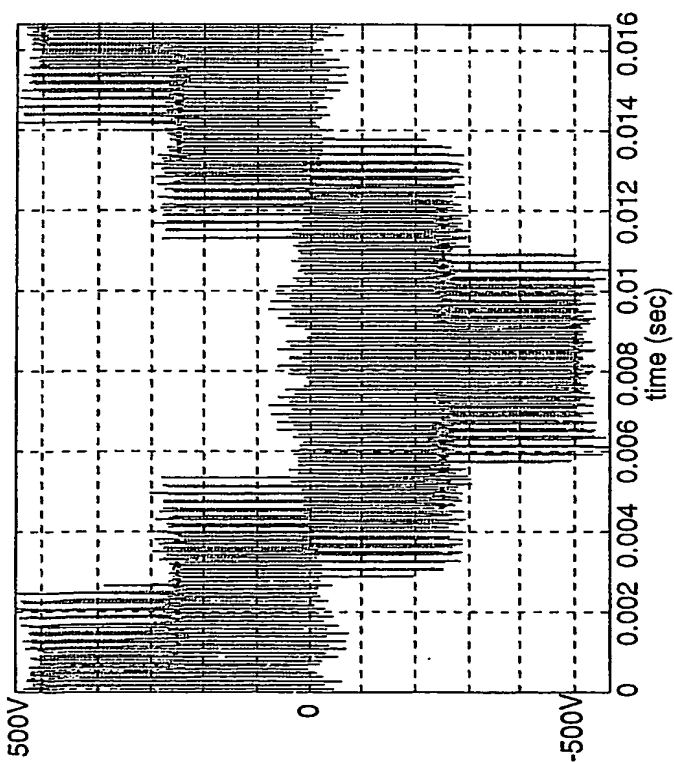
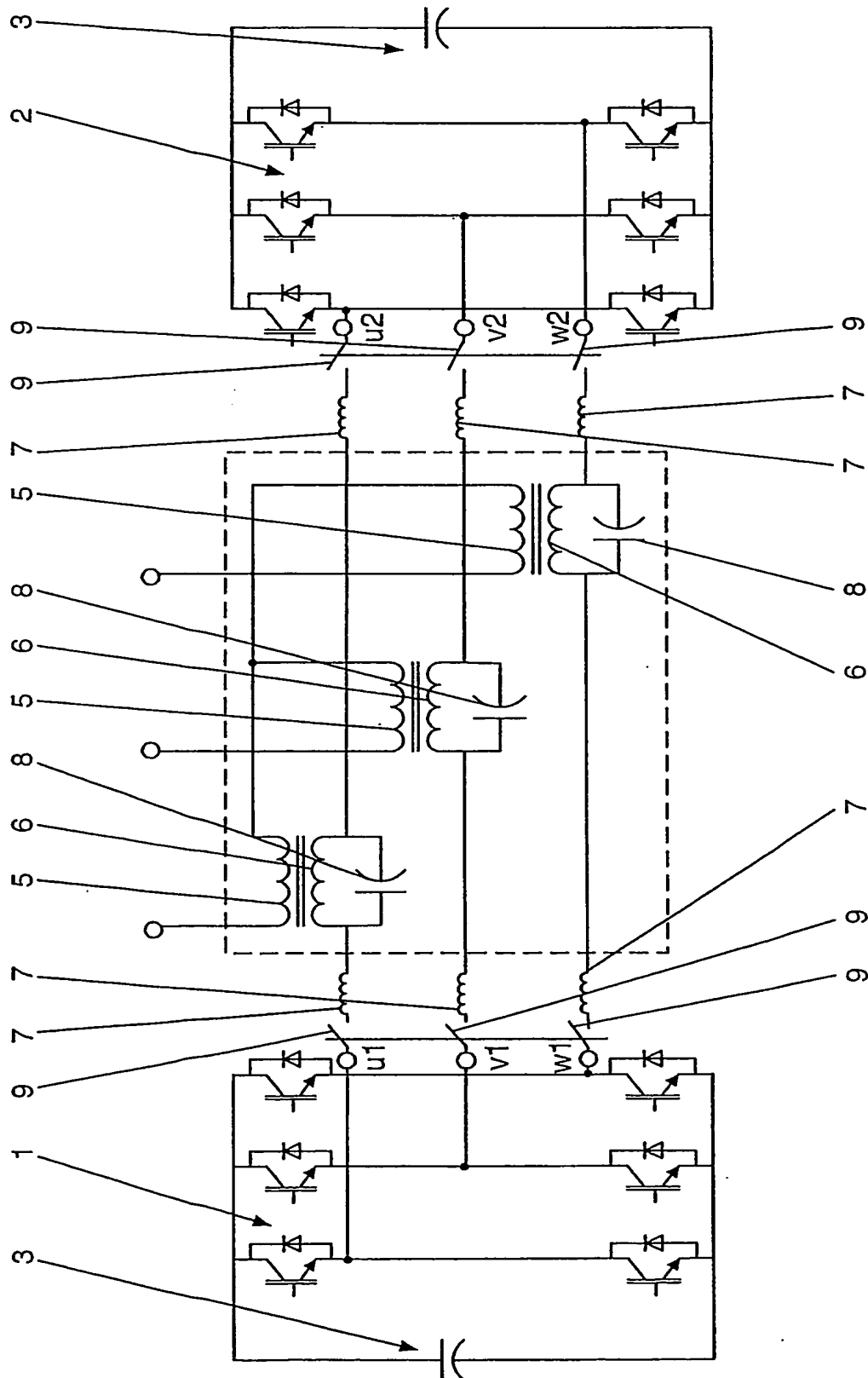


Fig. 1d



ERSATZBLATT

- 5/11 -

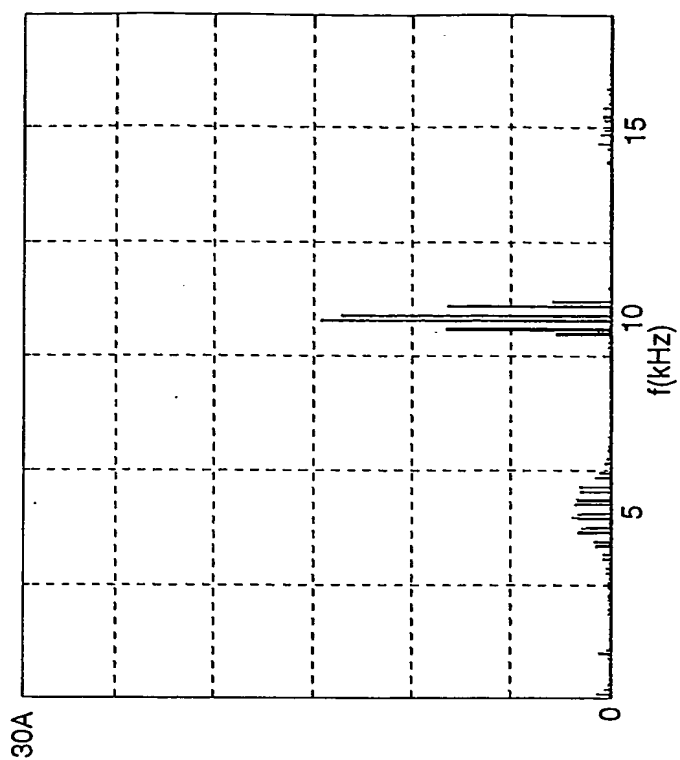


Fig. 2c

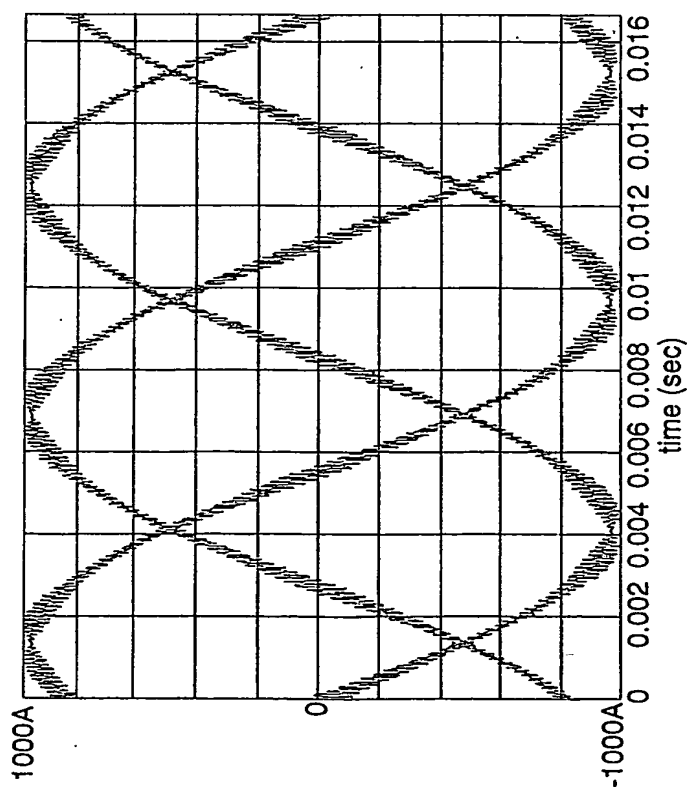


Fig. 2b

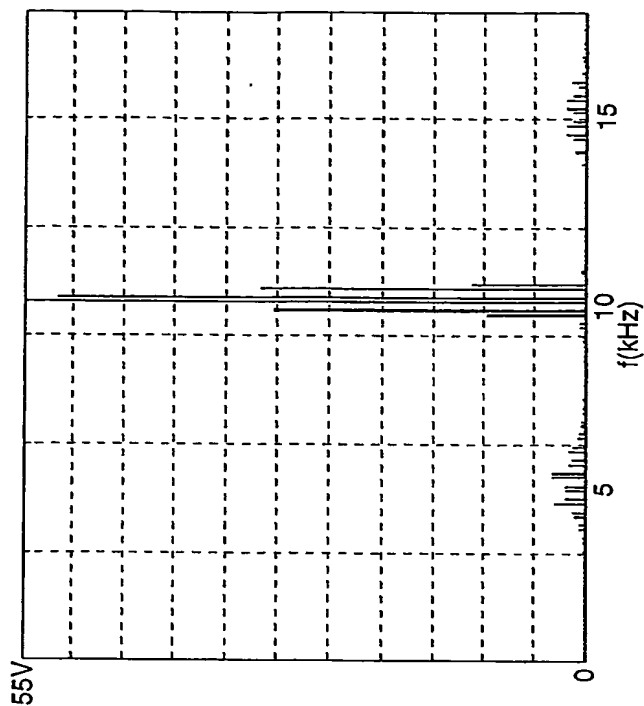


Fig. 2e

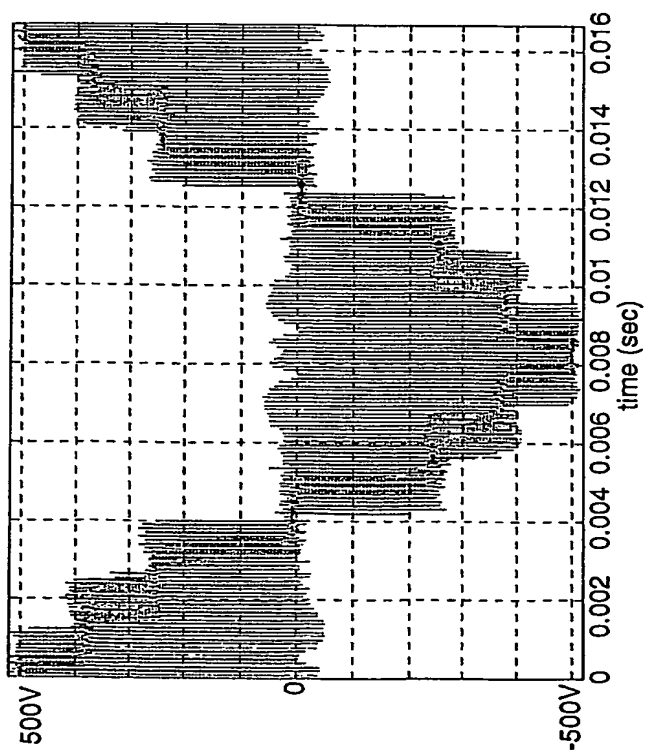
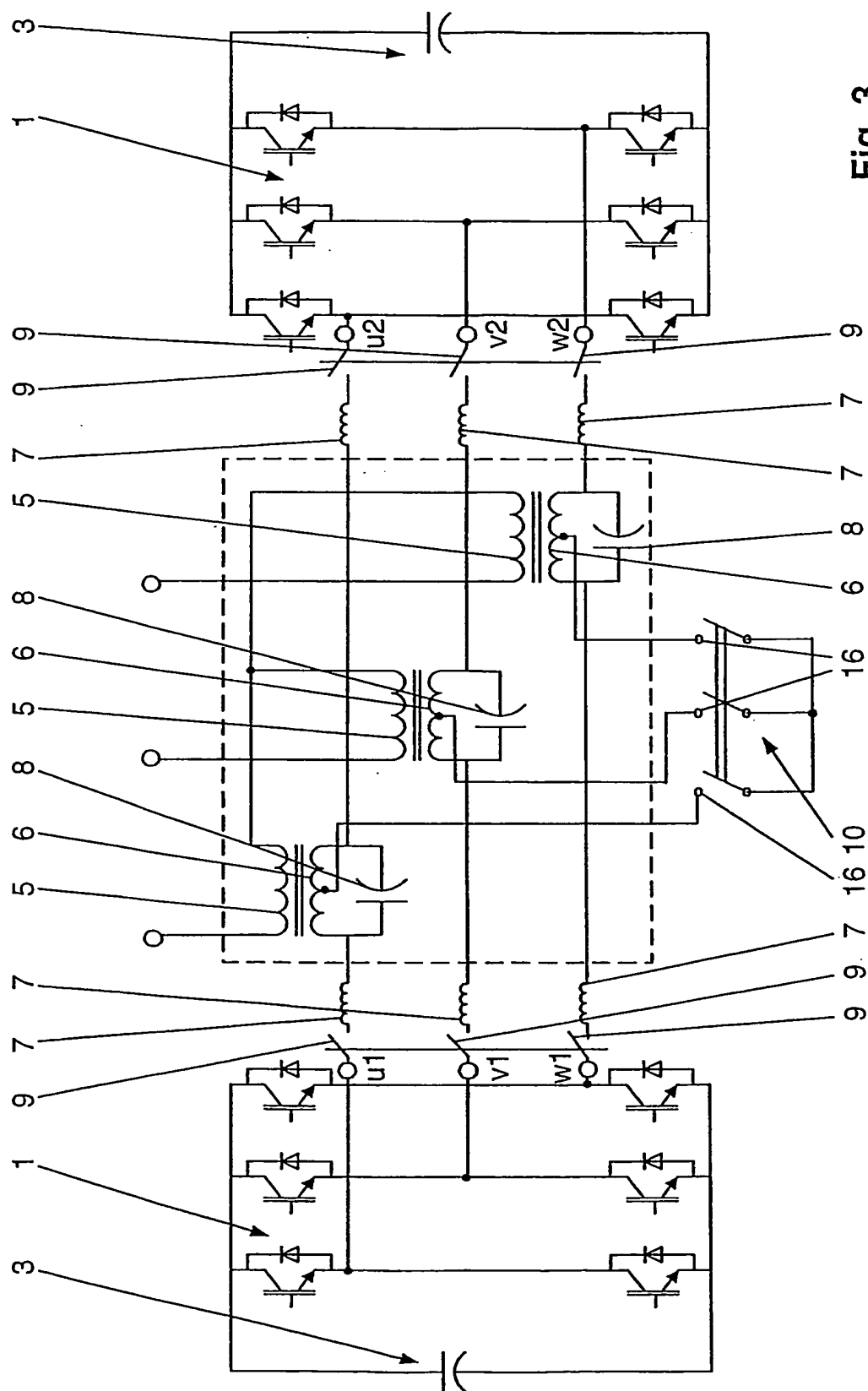


Fig. 2d



ERSATZBLATT

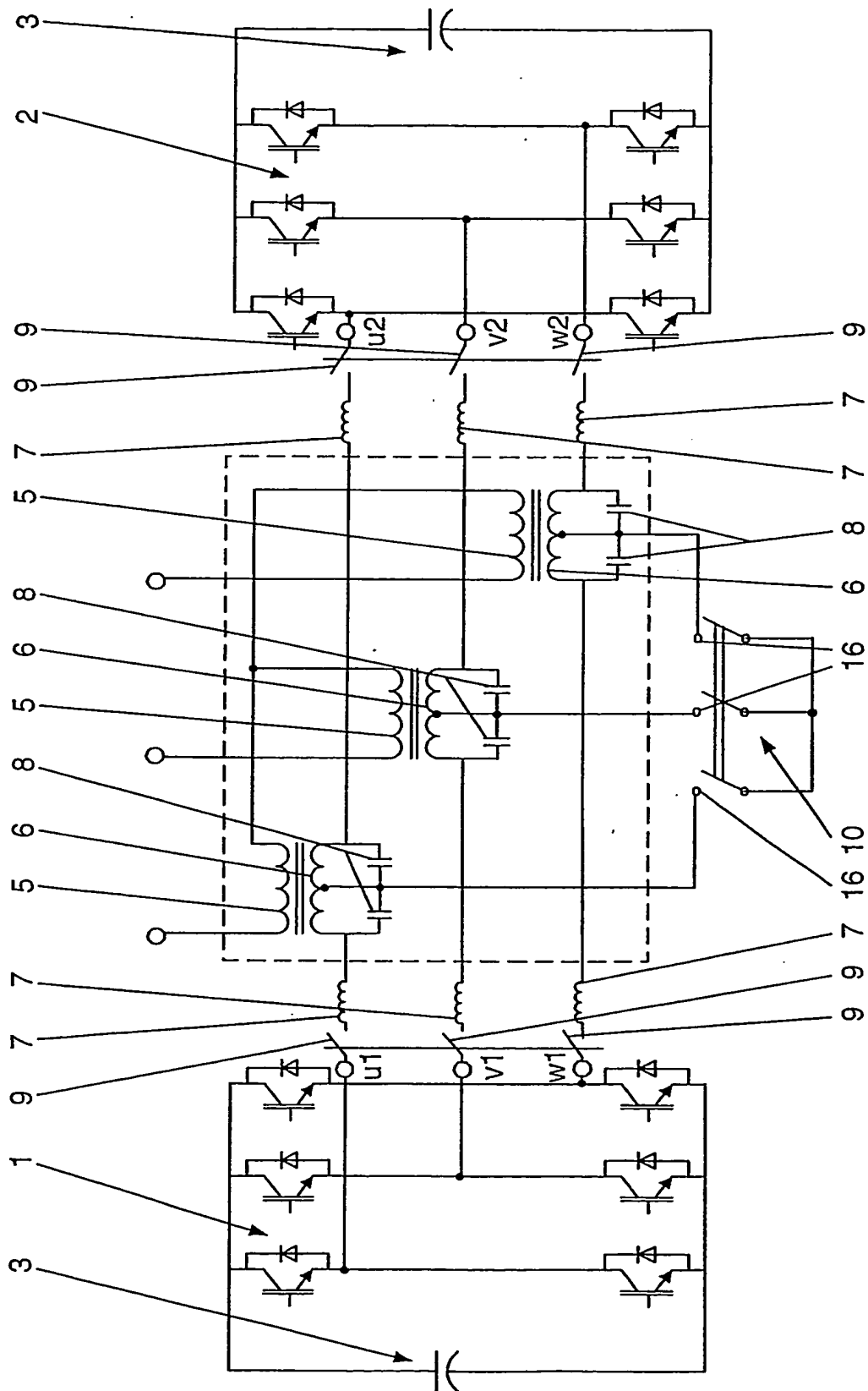
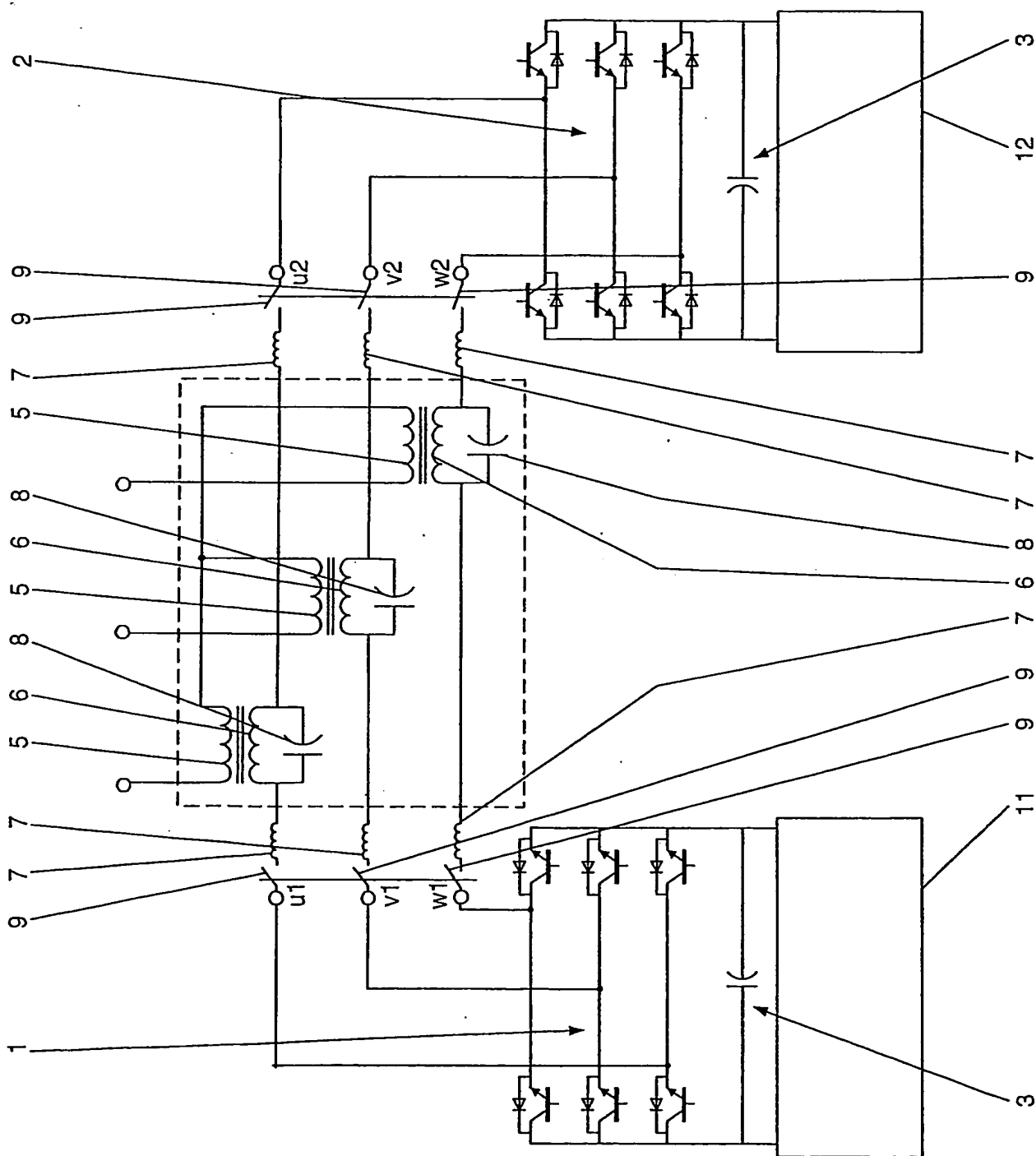


Fig. 4



ERSATZBLATT

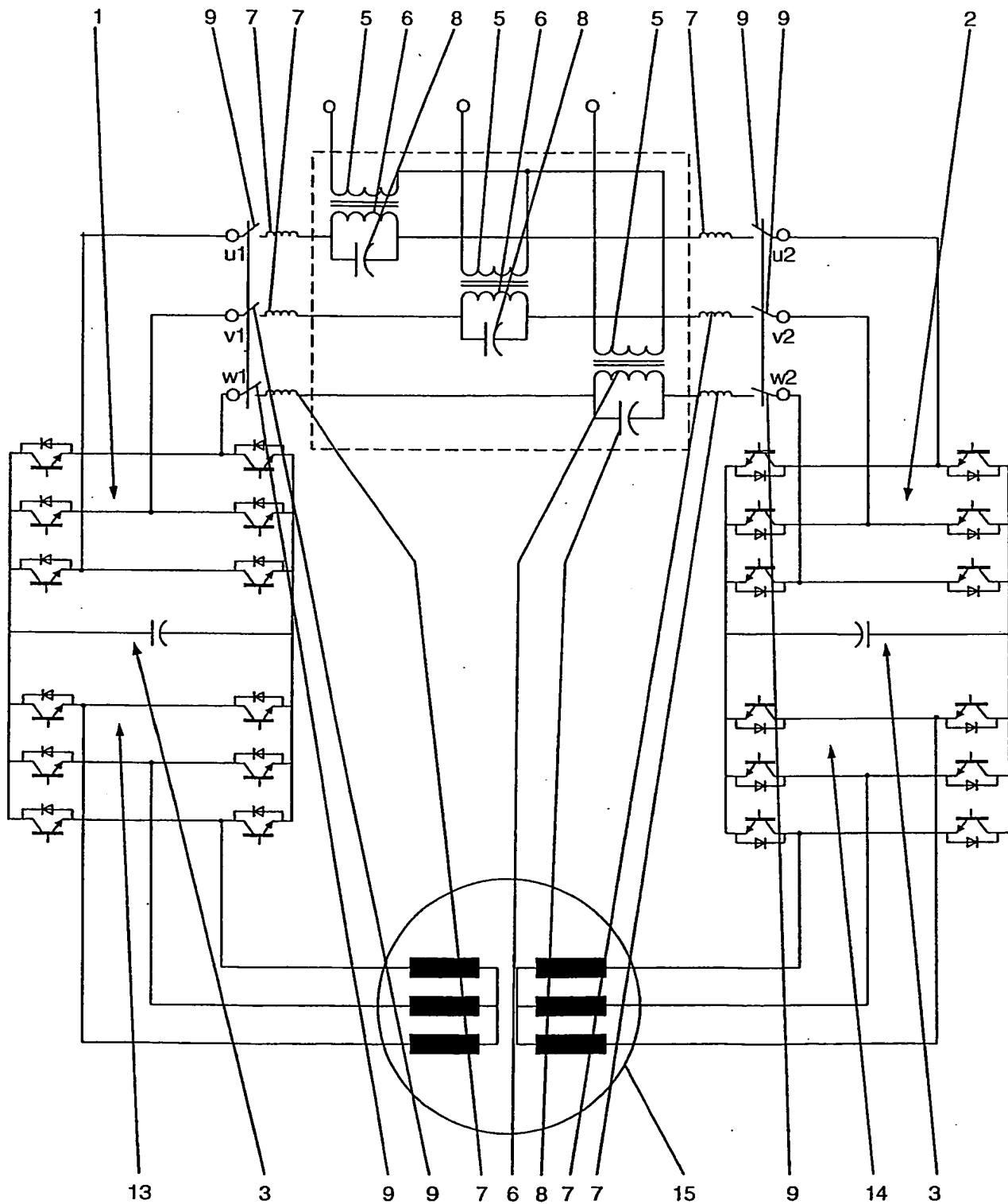


Fig. 6

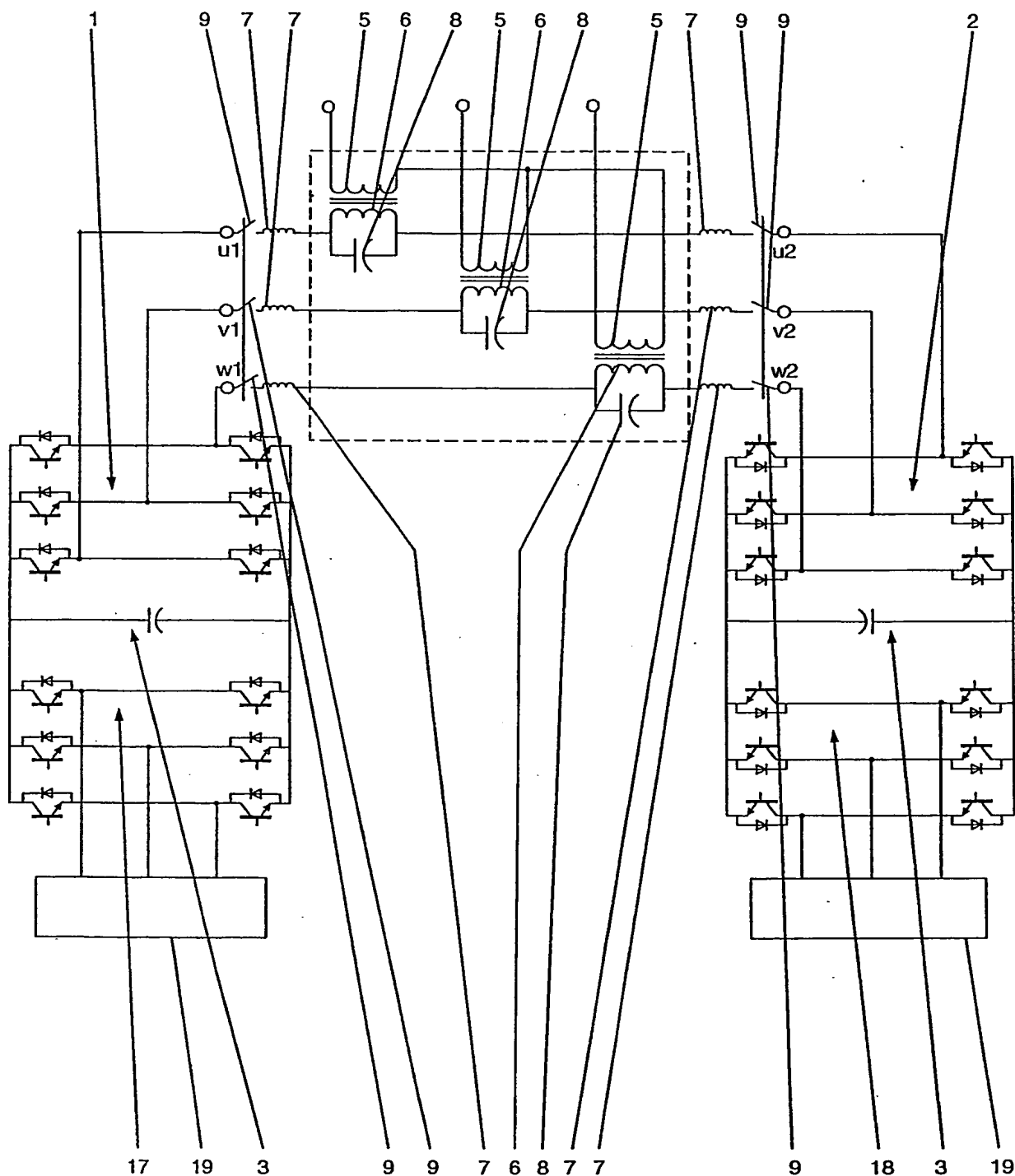


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH2004/000735

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H02M7/08 H02M1/12 H02J3/01 H02M7/17

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02M H02J H02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 233 996 B1 (KLUG ROLF-DIETER ET AL) 22 May 2001 (2001-05-22) abstract column 3, lines 19-50; figure 5	1-9
A	EP 0 440 988 A (ASEA BROWN BOVERI) 14 August 1991 (1991-08-14) abstract figures 3,4 column 3, lines 45-52 claim 1	1-7
A	EP 0 584 660 A (SIEMENS AG ALBIS ; SIEMENS AG (DE)) 2 March 1994 (1994-03-02) figure 1 column 2, lines 39-54	1-7
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 March 2005

Date of mailing of the international search report

11/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Zettler, K-R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH2004/000735

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 101 34 883 A (ABB RESEARCH LTD) 30 January 2003 (2003-01-30) figure 1	1-9
A	US 5 005 100 A (OWEN DONALD W) 2 April 1991 (1991-04-02) figures 2,4 column 4, lines 37-55 column 5, lines 45-59	1
A	US 3 546 572 A (SPECHT THEODORE R ET AL) 8 December 1970 (1970-12-08) abstract figure	1
A	US 5 852 553 A (STACEY ERIC JOHN) 22 December 1998 (1998-12-22) figure 1 column 3, line 48 - column 4, line 47	1
A	WO 03/084048 A (MADDALENA PIETRO) 9 October 2003 (2003-10-09) figure 23	8,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH2004/000735

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6233996	B1	22-05-2001	DE 19704122 A1 AT 205977 T CN 1246218 A WO 9834336 A1 DE 59801518 D1 EP 0958650 A1	06-08-1998 15-10-2001 01-03-2000 06-08-1998 25-10-2001 24-11-1999
EP 0440988	A	14-08-1991	SE 465342 B AT 127291 T DE 69022021 D1 DE 69022021 T2 EP 0440988 A1 SE 9000041 A US 5051684 A	26-08-1991 15-09-1995 05-10-1995 02-05-1996 14-08-1991 06-07-1991 24-09-1991
EP 0584660	A	02-03-1994	CH 685220 A5 AT 144659 T DE 59304267 D1 DK 584660 T3 EP 0584660 A2 ES 2093895 T3 GR 3021453 T3	28-04-1995 15-11-1996 28-11-1996 01-04-1997 02-03-1994 01-01-1997 31-01-1997
DE 10134883	A	30-01-2003	DE 10134883 A1 WO 03008802 A1 EP 1407141 A1 US 2004119292 A1	30-01-2003 30-01-2003 14-04-2004 24-06-2004
US 5005100	A	02-04-1991	NONE	
US 3546572	A	08-12-1970	NONE	
US 5852553	A	22-12-1998	NONE	
WO 03084048	A	09-10-2003	IT MI20020643 A1 AU 2003219542 A1 EP 1488506 A1 WO 03084048 A1	26-06-2002 13-10-2003 22-12-2004 09-10-2003

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH2004/000735

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H02M7/08 H02M1/12 H02J3/01 H02M7/17

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02M H02J H02P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 233 996 B1 (KLUG ROLF-DIETER ET AL) 22. Mai 2001 (2001-05-22) Zusammenfassung Spalte 3, Zeilen 19-50; Abbildung 5	1-9
A	EP 0 440 988 A (ASEA BROWN BOVERI) 14. August 1991 (1991-08-14) Zusammenfassung Abbildungen 3,4 Spalte 3, Zeilen 45-52 Anspruch 1	1-7
A	EP 0 584 660 A (SIEMENS AG ALBIS ; SIEMENS AG (DE)) 2. März 1994 (1994-03-02) Abbildung 1 Spalte 2, Zeilen 39-54	1-7
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. März 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/04/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Zettler, K-R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH2004/000735

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 101 34 883 A (ABB RESEARCH LTD) 30. Januar 2003 (2003-01-30) Abbildung 1	1-9
A	US 5 005 100 A (OWEN DONALD W) 2. April 1991 (1991-04-02) Abbildungen 2,4 Spalte 4, Zeilen 37-55 Spalte 5, Zeilen 45-59	1
A	US 3 546 572 A (SPECHT THEODORE R ET AL) 8. Dezember 1970 (1970-12-08) Zusammenfassung Abbildung	1
A	US 5 852 553 A (STACEY ERIC JOHN) 22. Dezember 1998 (1998-12-22) Abbildung 1 Spalte 3, Zeile 48 - Spalte 4, Zeile 47	1
A	WO 03/084048 A (MADDALENA PIETRO) 9. Oktober 2003 (2003-10-09) Abbildung 23	8,9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH2004/000735

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6233996	B1	22-05-2001	DE 19704122 A1	06-08-1998
			AT 205977 T	15-10-2001
			CN 1246218 A	01-03-2000
			WO 9834336 A1	06-08-1998
			DE 59801518 D1	25-10-2001
			EP 0958650 A1	24-11-1999
EP 0440988	A	14-08-1991	SE 465342 B	26-08-1991
			AT 127291 T	15-09-1995
			DE 69022021 D1	05-10-1995
			DE 69022021 T2	02-05-1996
			EP 0440988 A1	14-08-1991
			SE 9000041 A	06-07-1991
			US 5051684 A	24-09-1991
EP 0584660	A	02-03-1994	CH 685220 A5	28-04-1995
			AT 144659 T	15-11-1996
			DE 59304267 D1	28-11-1996
			DK 584660 T3	01-04-1997
			EP 0584660 A2	02-03-1994
			ES 2093895 T3	01-01-1997
			GR 3021453 T3	31-01-1997
DE 10134883	A	30-01-2003	DE 10134883 A1	30-01-2003
			WO 03008802 A1	30-01-2003
			EP 1407141 A1	14-04-2004
			US 2004119292 A1	24-06-2004
US 5005100	A	02-04-1991	KEINE	
US 3546572	A	08-12-1970	KEINE	
US 5852553	A	22-12-1998	KEINE	
WO 03084048	A	09-10-2003	IT MI20020643 A1	26-06-2002
			AU 2003219542 A1	13-10-2003
			EP 1488506 A1	22-12-2004
			WO 03084048 A1	09-10-2003